不同環境及作物制度下維持／增進地力所需有機質肥料之施用量

黃 裕 銘*

摘要：有機質肥料包括農業和城市廢棄物及工業副產品等可供植物養分及有機質的物質。土壤有機質含量在評估土壤肥力上為重要指標之一，因此在增進地力及維持地力之策略上，往往不能忽視土壤有機質含量之管理。

有機質肥料由於來源、製作方法、及製作配方等不同，甚至原始材料等的差異致其各元素的含量及其比值變異大。有機質肥料在土壤中的分解作用影響作物生長及近遠期土壤性質，因此有機肥料之使用需考慮多方面因子之影響。本文依下列幾方面探討：一、影響有機質在土壤中礦化及累積之因子，二、土壤有機質分解模式，三、有機肥料對環境的影響，四、礦化潛能之評估，五、水田土壤有機質之管理，六、有機肥料之殘效，及七、有機肥料品質之影響。

關鍵詞：作物制度、有機肥料、地力增進。

前 言

Sanchez (1976) 指出在自然的植被下，熱帶土壤有機質含量和溫帶土壤相近，但耕作土壤則以熱帶土壤較低(引自 Kimura等[1])。水田土壤有機質含量比旱田高 (Mitsuchi,1974；引自Kimura等[1])。Johnston[2]認為沒有連作障礙之作物在適當施肥下，即使沒有和草地輪作其產量一樣可以很好。土壤有機質含量(SOM) 和年均溫及年雨量有關，最大值在雨量800mm，年均溫18℃ (引自Jo[3])。一般認為土壤有機質含量可視為土壤肥力之指標，使土壤能穩定之土壤有機質含量，Greenland 等 (1975) 建議土壤有機質之關鍵值為3.5%，而 Deploey 和 Poesen(1985) 認為 2% (引自Guerra[4])。

若數學模式能估算在每年加定量有機質入土壤後，土壤有機質達到穩定之有機質含量，則此模式亦可用以估算在所要土壤有機質含量下，每年必需加入土壤之有機質量[5]。雖然氮礦化量和土壤有機質之相關性極顯著，土壤全氮含量和全硫含量相關性亦極顯著(r=0.945)，但是硫礦化量和有機質之相關性不顯著[6]。此表示當土壤有機質礦化之氮量足夠作物生長之量時，其它元素不一定就足夠。

英國Rothamsted試驗場有超過150年的試驗結果，證明單施廏肥之小麥產量和施完全化學肥料者相當[7]。其他試驗亦證明只要化學肥料使用適當，並控制土壤酸化作用，則作物連作之產量不至下降[2]。許多較落後國家作物產量因連作而逐年降低，主要原因是每季作物收穫時，從田裏移

* 國立中興大學土壤環境科學系副教授

去之作物養分，遠比種植期加入之養份量高的原故[8]。只要有施肥，則其作物產量是可繼續提高(Djkoto和Stephen，1964；引自Greenland[7])。

施廄肥和種植豆科綠肥同樣可以提高作物產量[9]。每年施5.6 t/ha堆肥之水田土壤有機碳每年增加0.4%，全氮則增加0.05%[10]。Chang[11]報告水稻之養分中，某些成份大都存在稻桿中，其K，Ca，Si有80%，Mg有50%，而N，P及S有25%，若能將作物殘體回歸原農田，則養分移去率降低，養分補充量亦可降低，加有機肥料之量及迫切性亦降低。

據記載中國早在西周時期就懂得收集野生綠肥以肥田，禮記中已記載在不同土壤需施用不同動物之廢棄物[12]，可見有機質之利用在人類文明發展上具重要地位。本文希望在回顧前人研究中提供如何利用有機質肥料達保持/增進地力。

本　　文

一、影響有機質在土壤中礦化及累積之因子

有機質在土壤中之分解速率愈快則對土壤性質之影響以近期者遠大於其殘效。瞭解影響有機質分解速率因子有助於管理土壤有機質含量在耕作者所要之程度。土壤氮礦化作用和土壤全氮、孵育時間、及溫度成正相關，和土壤有機質及添加有機質之C/N值負相關[13]。以下討論各因子之影響：

㈠輪作制度

Zielke和Christenson[14]報告指出包含玉米、燕麥、苜蓿、甜菜及大豆等作物之六種輪作制度中，在化學肥料以推薦量施用下，輪作制度中含有玉米者，土壤有機質含量及氮含量較高。

Warembourg及Paul[15]指出植物之光合成物質有1/2～2/3存於地上部，15%～25%存於根部及地上部之基部。17%～25%由地下部的呼吸作用損失，比率之變異性係由於株齡的關係。草地而言地上部及地下部各佔一半。Sukthumrong等[16]在泰國之研究發現玉米和豆科綠肥輪作，土壤有機質明顯提高，未種綠肥而施用化學肥料者，土壤有機質含量比無施肥者較高。水田耕作後土壤的硝化作用受延遲，可能影響下一作蔬菜之種植[17]。有些綠肥不僅有機質產量可高達50 t/ha 以上，其固定之氮亦可高達200 kg/ha[11]。

㈡耕犛方式之影響

Rasmussen 等(1980) 認爲耕犛方式和有機質的總量比有機質種類更能左右土壤有機質含量(引自Zielke和Christenson[14])。

㈢有機質成份

一般認爲有機質C/N質低於30者施到土壤才不致有缺氮現象發生。所需C/N值可能和土壤有機質及微生物之C/N值有關。種植作物不同其土壤微生物相不同, 可由土壤生質量中C/N值看出[18]。Jenkinson[19]在他的有機質轉化模式中設定細菌C/N值3.5～4.2，眞菌11.4～12.8。這可能對高C/N值有機質眞菌先成爲主要微生物群做合理解釋。Fu 等20在30℃下孵育研究玉米、大豆、高粱及苜蓿殘體之礦化作用，所用作物殘體C/N值分別爲57.9、35.6、20.4 及 14.4，其中玉米及大豆殘體之處理直到20週及16週時才有正淨礦化氮。Das 等[21]指出要在孵育30、60 、90、及120天得正淨礦化值，其臨界C/N值需爲46、55、70、及95。Wagger

等[22]指出作物殘體之礦化速率和殘體之C/N比及土壤質地有關。

Vigil等[23]研究高粱植株氮礦化作用認爲礦化速率和C/N值及酸抽出性纖維含量有關。Nugroho和Kuwutsuka[24]認爲有機質在土壤中之分解和其C/N比值無關，而和其熱水抽出性有機碳量有緊密相關。更進者，Collins等[25]認爲植物殘體之不同部位混合下分解速率高於個別之分解速率。

㈣環境因子

1.土壤

Rutherford和Juma[26]指出Ellerslic土壤含氮量爲Breton土壤的2.5倍，其礦化速率以單位土壤計算時前者爲後者的1.4倍，若以土壤氮含量計算，則只有後者的一半。可見有機質在Breton土壤之循環較快。

2.溫度

一般相信有機質在土壤中之分解作用主要是受土壤微生植物及動物所決定。因此溫度的影響是不可避免，而且相當重要。學者們喜好用Q_{10}述，Ando等[27]之研究認爲溫度對礦化作用以指數函數影響。

Stanford[28]等研究認爲土壤氮礦化之Q_{10}值該爲2.0，和Bray及White(1957)值相同。Naganawa等[29]田間測定二氧化碳量之釋出量，所得Q_{10}值2.2。Tabatabai和Al-Khafaji[30]研究認爲溫度影響有機質礦化作用，依元素而異，其研究中顯示氮礦化之Q_{10}值爲3.0，而硫之Q_{10}值爲1.9。

Van Veen和Frissel[31]研究溫度及土壤水份對礦化作用的影響，最適溫度介於20～40℃之間，太高或太低皆下降。

3.水份

Van Veen和Frissel[31]研究土壤水份對礦化作用的影響，土壤水份於近田間容水量下有機質礦化速率最高，水份降低則礦化速率亦或近直線負相關而下降。Shields和Paul[32]認爲作物生長期間由於土壤水份較乾而礦化作用下降。Stanford和Epstein[33]研究得知氮礦化作用最適土壤水份在爲列0.1 bar，孔隙的80%～90%充滿水。然後土壤水份和礦化量成近直線相關。同文[33]中提到Miller和Johnson(1964)認爲礦化作用由適當水份在0.15到0.5 bar間，往永久凋萎點而下降成指數相關(decline exponentially)。Myers等[34]研究結果認爲在－0.03～－4.0 MPa之水勢能下, 礦化氮量和土壤水份含量成直線相關。Reichman等(1966)亦得相似結果[34]。

4.質地

Wagger等[22]指出有機氮之礦化速率和殘體之C/N比及土壤質地有關，小麥殘體孵育18週，在坋質壤土分解80%，而細質砂壤土則只分解25%。Tisdall和Oades (1982)認爲粘粒的種類、含量及粒團程度爲土壤有機質(SOM)動力式的主要控制因子[35]。Marshman及Marshall(1981)提出當蛋白質/粘粒比大時受粘粒影響較小，比值太低則蛋白質不能被分解之[34]，Ladd等(1981)及McGill等(1981)亦認爲粘粒會保護微生物代謝物質[35]。

5.土壤pH

Mayaudon[36]和Fu等[20](1987)皆提出提高土壤pH提高有機質之分解速率。

㈤化學肥料

Zielke和Christenson[14]文中指出，氮肥之施用可提高土壤的有機碳和全氮含量(Barker，1979)。Schjonning等[37]由90年之長期試驗得知，施化學肥料和廏肥處理土壤有機質含量比對照處理分別高出11%及23%，CEC高出11%及17%。

二、土壤有機質分解模式

在Zielke及Christenson[14]文中提到在1933年Salter和Green就指出土壤有機質的轉變和礦化作用為一次式。Chae和 Tabatabai[38]亦認為礦化作用為一次式反應。Ando[27]等認為有機質的礦化若土壤經過乾燥後由兩個指數函數描述，沒經過乾燥作用則只要一個指數函數可以描述。

Jenkinson等[5]文中提出Henin 和Dupuis (1945)最早用Jenny(1941)之土壤有機氮(SON)=模式，以單組成份(single compartment)之模式，描述土壤有機質的變化，

$SOC = fAc/k + (SOC_0 - fAc/k)e^{-kt}$，

Ac為每年植體加入之有機碳量，f為有機碳轉化成腐植質之係數。一般作物之f值約為0.3 (Janssen,1984)。Dei[10]提出土壤有機質之累積量(A)和分解速率x，及每年施用量之關係為，

$A = Q(1-x)/x$。

然後發展成多組成份之模式(multicompartmental model)。每一組成分之分解作用都為一次式反應。Jekinson和其工作夥伴[5]的一系列研究土壤有機碳的變動模式，利用Rothamsted一百五十幾年的農場研究資料，把植物殘體分為易分解(DPM, readily decomposable material)及不易分解(resistant decomposable material, RPM)。土壤有機質分為生質量(Biomass, BIO)及腐植質(Humus, HUM)。在1977年之報告[39]將腐植質分為物理性穩定有機質(physically stabilized orgamic matter POM)及化學性穩定有機質(chemically stabilized orgamic matter, COM)。而DPM、RPM、BIO、POM及COM之半衰期分別為0.165，2.31，1.69，49.5及1980年。他們的模式中溫度效應用月平均溫，水分用土壤水勢能修正。1990年之模式又設有不分解部份(Inert organic matter，IOM)。他們設定廏肥之DPM和RPM及HUM之比為0.49，0.49和0.02。植物殘體中DPM 和RPM之比為0.59 和0.41。

Vigil等之研究用修正後的一次式反應描述高粱植體在土壤中110天後氮的礦化作用，

$Nt = No[1 - e^{-k(t-110)}] + 1$

Tabatabai和Al-Khafaji[30]認為N和S之礦化作用和時間成直線相關。Standford和Smith[40]用土壤於35℃孵育30週，發現大都數土壤氮礦化量和時間的平方根 $t^{1/2}$ 成直線相關，

$\log(No - Nt) = \log No - K/2.303\, t$，

其k值 $0.054 \pm 0.009 week^{-1}$。

Paul 及 Juma (1981)將土壤有機氮分為生質量氮(Bionmass-N)、活非生質量氮(activenon-biomass-N)、穩定性有機氮(Stabilized-N)、及舊有機氮(Old-N)等四類，各別之半衰期為0.5，1.5，22 及600年(引自[35])。Gilmour[41]等將植體分成極快速(very rapid)、快速(rapid)、及慢速(slow)三部分。極快速部分為C/N 值2.235之蛋白質，通常於0-2天內分解完。他們又將土壤的生質量分為加入基質後形成者(type I)及土壤原有者(type II)，其分解常數分別為0.07及$0.00093 d^{-1}$。一般土壤有機質的C/N為10，而生質量之C/N為8(Gilmour等[41]引自Knapp等，1983；及Broadent等，1964)。

三、有機肥料對環境的影響

Pratt等[42]16年之試驗結果，施廄肥處理總磷量比施濃過磷酸鈣(CSP)少，但Olsen 法抽出性磷含量較高。施禽糞有機廢氣物增加土壤線蟲數，但施廄肥者不會有此現象。

Willett[43]認為在低CEC之熱帶土壤，有機質肥料和化學肥料有正相關，主要由於增加土壤有機質，可提高土壤CEC ，其泰國土壤CEC和有機質及粘粒含量之關係式，

$$CEC = -10.5 + 0.18\ clay + 4.1\ OC + 2.0\ pH$$ (95.5％可信度)

由係數可看出土壤有機質的影響大於粘粒含量。Bation及Mokwounye[8]所求得土壤有機質含量(SOM)和土壤CEC之相關係數和Willett[43]所得之係數相近，

$$CEC = 0.14 + 3.52\ SOM\ (r^2 = 0.87)$$。

Wild[44]書中指出排水良好，pH近中性土壤之腐植質其CEC(300～500 me/100g) 大於排水較差及較酸性土壤腐植質之CEC (50～120me/100g)。Jo[3]所得旱田土壤有機質之CEC (133.8 me/100g) 高於水田土壤有機質(103.3 me/100g)。

Vinten等[45]指出若將綠肥於秋天犁入土壤，會引致NO_3-N淋洗至底層土壤。

Unger及Stewart[46]報告指出連續四年施入肉牛廄肥0～268t/ha，土壤有機質隨用量之提高而提高，粒團作用增加，蒸發作用降低。Mathers和Stewart[47]施用廄肥三年之玉米田，180公分土層中硝酸態氮殘留量在施22 t/ha者有100kg-N/ha，而施112及224 t/ha二處理則高達1000kg-N/ha。Chang等[48]的報告亦指出肉牛廄肥每年施17.4 t/ha(乾重)連續11年後發現土層150 cm深度亦有硝酸根之累積。

四、礦化潛能之評估

Stanford 及 Smith[49] 認為用高溫加熱 (autoclaving 121℃，16hr) 抽出之銨態氮和土壤礦化潛能相關最好，

$$No = 4.1(\pm 1.0)Ni + 6.6,$$

No為礦化潛能，Ni為高溫抽出性銨態氮。Serna和Pomeres[50]認為用高溫分解(autoclave)及HCl抽取性氮比用$KMnO_4$及$NaHCO_3$方法更能預估土壤礦化潛能。抽取性氮和植物吸收量之關係，可由起始礦化性氮加上其他幾種土壤物理及化學性質的複迴歸式以增加準確性。Castellanos和Pratt[51]認為用胃蛋白沒酵素抽取之蛋白質可用來評估有機物之有效性氮。

五、水田土壤有機質之管理

Yagi和Minami[52]為施稻稈(6-9 t/ha) 於水田會提高CH_4之釋出，而施堆肥對CH_4之釋出則增加不多，主要由於稻桿含較高可分解有機碳（readily minera lisable carbon)，水田排水或施氮肥可降低CH_4之釋出。Tsutski和Ponnamperuma[53]研究指出水田狀況下施稻桿及綠肥會促進CO_2及CH_4之產生，尤其高溫時更多，施堆肥則現象不嚴重。溫帶地區常施用有機肥料以提高土壤肥力促成高產。土壤有機質及全氮含量高時土壤Eh降得快，產生CO_2及CH_4亦快。Tanaka[54]指出日本南方地區排水良好地區稻桿用量最高可用8 t/ha/year，若用到10 t/ha/year或以上時，需增加化學氮肥。但是在連續四年後，稻桿之肥效開始顯現，所以化學氮肥用量需降低。排水不良地最高用量只能6 t/ha/year。北方地區排水良好土壤，其最高用量只能6 t/ha/year。他們認為連續施用稻桿後其效果和堆肥相近。水稻前作植物殘體水稻、大豆、及小麥在水田中礦化量為9%、52%及38% 。水稻對殘體氮利用率為3%、11%、及37%。大豆殘體因在水稻種植前即有大量氮礦化出來而損失，因此其被利用率反低於小麥殘體[55]。

六、有機肥料之殘效

Pratt[56]等認爲每年施用20 tan/ha含氮1.5% 之有機廢棄物，第一年可供應112 kg-N/ha，第二十年爲233 kg-N/ha。氮利用率爲37%。Elliott[57]等書中引用Powers 等(1974)資料估算不同氮含量有機質當希望其供應氮量200 kg/ha時之連續用量(表一)。有機肥料之殘效不僅對土壤有效養分之供應有影響，對土壤化學性之影響亦相當大[58]。

Table 1. The amounts of organic fertilizers required for 200 kg-N/ha uptaken.

N	Applied year					
	1	2	3	5	10	20
%	tons/ha					
3. 5	7. 6	7. 2	7. 0	6. 8	6. 6	6. 2
2. 5	20. 0	14. 6	13. 8	12. 6	11. 0	9. 4
1. 5	38. 2	29. 6	26. 2	24. 2	20. 6	16. 8
1. 0	100. 0	71. 4	62. 6	52. 6	38. 6	27. 8

七、有機肥料品質之影響

個人研究室分析市售有機肥料及有機複合肥料發現主成份及副成份之含量差異相當大。茲舉幾項資料pH 1.76-9.40，有機碳含量1.9-45.4%，氮含量1.16- 15.1%，銅含量2.9-559 mg/Kg，鋅含量69-1525mg/Kg。難怪有機肥高用量之高冷蔬菜田土壤有效養份已經相當不平衡(表二)。有些土壤有機碳含量雖然達4%以上，可稱相當高，可是往往養份不平衡，勝至連鐵及鎂都有極缺乏之現象，而致作物生長不良。個人曾施用鈣鎂比近1：1之有機肥料以種植唐菖蒲[59]，結果顯示在高用量下，唐菖蒲植体中鈣含量極顯著降低。近年來從事有機肥料養份平衡之配方，在葡萄及高麗菜之栽培上已有初步成效。

Table 2. Soil chemical properties of highland soil before spring tillage.

Soil	pH	KCl Extract AM.	Bray No.1 Ni.	P	Exch. K	Exch. Ca	Exch. Mg	0.1 M HCl Fe	0.1 M HCl Mn	0.1 M HCl Cu	0.1 M HCl Zn	O.C.
			mg/kg									%
1	6. 6	6	2	210	546	1555	158	122	155	4. 7	39	2. 9
2	7. 4	6	110	285	720	4163	169	5	95	0. 5	34	2. 5
3	5. 4	13	31	300	325	1132	98	129	95	3. 6	29	2. 0
4	7. 0	5	84	500	459	2977	325	7	152	1. 8	74	3. 3
5	6. 9	1	77	634	466	2703	69	52	135	2. 0	45	2. 3
6	7. 9	0	21	196	297	3405	77	9	134	0. 8	80	2. 1
7	7. 3	0	33	365	275	2527	90	17	120	2. 0	64	1. 8
8	7. 0	6	447	258	469	2812	155	134	165	6. 8	65	1. 5
9	6. 8	2	292	480	797	2801	218	12	113	1. 4	80	2. 8
10	6. 8	5	387	431	617	3263	280	20	165	1. 4	162	4. 2

㈠葡萄有機肥料

在大村(鈣質土壤)巨峰葡萄園(六年生)，做四個肥料處理：(1)農民慣用法爲對照。(2)只施化學肥料(3)有機肥料氮之肥效設爲化學肥料之75%(4)有機肥料肥效設爲化學肥料之50%。每區面積76.8m^2。化學肥料用量N：P_2O_5:K_2O=160：46：140Kg/ha，有機肥料之成份N，1.73%；P_2O_5，0.5%；K_2O，1.35%；Ca，3.31%；Mg，0.54%；pH7.1。農民肥料用量除化學肥料N：P_2O：K_2O=234：86：43，另加魚精、速得補等商用液肥，農民之處理另用豆粕480 kg/ha及其它市售有機肥1600kg/ha。本試驗從八十二年七月開始。

表三資料顯示合理肥料計算下不論只施化學肥料(處理2)或施用平衡養份之有機肥料(處理3及4)，都可達到高產高品質之農產品。

㈡高麗菜有機肥料

表四所列處理A、B、C、D所用有機肥料爲本研究室和台中場蔡宜峰先生研發之養分平衡有機肥，E處理爲農民所用市售有機肥料。結果可發現使用市售有機肥及高化學肥料之處理E，不僅產量不會較高，其病株率反而較高(表五)。

Table 3. The charaters of grape of the 2nd crop in Chanhua area in 1994.

Treat.	string g	single grain g	Brix	acidity %	yield Tons/ha	yield index %
1	228	8.9	19.0	0.47	16.6	100
2	298	8.3	19.3	0.39	22.4	135
3	282	8.6	18.3	0.38	17.9	108
4	278	8.9	19.0	0.38	22.5	136
LSD5%	10	NS	NS	NS	3.5	21

Table 4. The amounts of fertilizers used in Wulin area in 1993.

Tre.	N	P_2O_5	K_2O	Organic Fert.	Micro-Nutri.
	Kg/ha				g/ha
A	250	98	249	8000	0
B	188	75	186	8000	0
C	188	75	186	8000	414
D	125	49	125	8000	414
E	1270	858	858	7796	0

Table 5. The yield and disease rate of autumn cabbage.

Tre.	Fresh weight	Disease rate
	t / ha	%
A	85. 6	1. 1
B	70. 2	0. 3
C	68. 0	1. 2
D	66. 4	0
E	72. 2	9. 7
LSD 5%	7. 2	1. 5
LSD 1%	9. 8	2. 0

參考文獻

1. Kimura, M., I. Watanabe, P. Patcharapreecha, S. Panichsakpatana H. Wada and Y. Takai 1990. Quantitative estimation of decomposition process of plant Debris in Paddy Field. Soil Sci. Plant Nutr. 36, 33-42.
2. Johnston, A.S. 1986. Soil organic matter effects on soils and crops. Soil use and management 2, 97-105.
3. Jo, I.S. 1990. Effect of organic fertilizer on soil physical properties and plant growth. Food and Fertilizer Technology center Technical Bulletin No. 119.
4. Guerra, A. 1994. The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W.Sussex,Uk. Soil use and management 10, 60-64.
5. Jenkinson D.S., N.J. Bradbury, and K. Coleman 1994. How the Rothamsted Classical experiments have beed used to develop and test models for the turnover of carbon and mitrogen in soil. Leigh, R.A. and, A.E. Johnston CAB International. 117-138.
6. Haque,I. and D. Walmsley 1972. Incubation studies on mineralcation of organic sulphur and organic mitrogen. Plant and Soil 37, 25-264.
7. Greenland, D.J. 1994. Soil Science and substainable land management. In Soil Science and Sustainable land management in the tropics J.K. Syers & D.L. Rimmer 9EDS.) CAB Interlnational. 1-10.
8. Bationo, A., and A.U. Mokwunye 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production ： with special reference to the Sahelian and Sudanianzones of west Africa. Feitilizer Research 29, 117-125.
9. Goyal, S., M.M. Mishra, I.S. Hooda, and R. Singh 1992. Organic = matter mirobial biomass relationships in field experiments under tropical conditions effects of inorganic fertilization and

organic amendments. Soil Biol. Biochem. 24, 1081-1084.

10. Dei Y. 1975. The effect of cereal crop residues on paddy soils Food and Fertilizer Technology Center Extension Bulletin No.49

11. Chang, S.C. 1975. The utilization and maintenance of the natural fertility of paddy soils. Food & Fertilizer Technologg center Extension Bulletin NO. 61.

12. 吳聰賢 1992 農業史 農業新知識叢書10, 20-34.

13. Barbarika, A., Jr. Lawrence , J. Sikora, and D. Colacicco 1985. Factors affecting the mineraliza tion of nitrogen in sewage sludge applied to soils. Soil Sci. Soc. Ameri. J. 49, 1985.

14. Zielke, R.C., and D.R. Christenson 1986. Organic carbon and nitrogen changes in soil under selected croping rystems. Sci. Soc. Ameri. J. 50, 363-367.

15. Warembourg F.R. and ,E.A. Paul 1973. The use of $^{14}CO_2$ canopy techniques for measuring carbon transfer through the plant-soil system. Plant and Soil 38, 331-345.

16. Sukthumrong, A.,S. Chotechaungmanirat, j. Chancharoensook, and V. Veerasan 1987. The effect of green manure-chemical fertilizer combination on soil fertility and yield of corn. Food and Fertilizer Technology Center Extension Bulletin No. 246.

17. Hayami, A. 1975. Cropping sequences and their affect on soil fetility. Food and Fertilizer Technology Center Techmical Bulletin No. 23.

18. Drury, C.F., J.A. Stone, and W.I. Findlay 1991. Microbial biomass and soil structure associated with corn,grasses, and legumes. Soil Sci. Soc. Ameri. J. 55, 805-811.

19. Jekinson, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-IV. The decomposition of fumigate organism in soil. Soil Biochem. 8, 203-208.

20. Fu, M.H., X.C. Xu, and M.A. Tabatai 1987. Effect of pH on nitrogen mineralization in crop residue-treated soil. Biol. Fertil. Soils 5, 115-119.

21. Das, S.K., G.S. Reddy, K.L. Sharma, K.P.R. Vittal, B. Venkateswarlu, M.N. Reddy, and Y.V.R. Reddy 1993. Prediction of nitrogen availability in soil after crop residue incorporation. Fertilizer Research 34, 209-215.

22. Wagger, M.G., D.E. Kissel, and S.J. Smith 1985. Mineralization of nitrogen from Nitrogen-15 labeled crop residus under field conditions. Sci. Soc. Ameri. J. 49, 1220-1226.

23. Vigil, M.F., D.E. Kissel, and S.J. Smith 1991. Field Crop recovery and modeling of nitrogen minerlijed from labeled Sorghun, Risidue. Sci. Soc. Ameri. J. 55, 1031-1037.

24. Nugroho, S.G., and S. Kuwatsuka 1990. Concurrent observation of several processes of nitrogen metabolisim in soil anunded with organic materials. Soil Sci. Plant Nutr. 36, 215-224.

25. Collins, H.P., L.F. Elliott, R.W. Rickman, D.F. Bezdicek, and R.I. Papendick 1990. Decomposition and Interactions among wheat residue components. Soil Sci. Soc. Ameri. J. 54, 780-785.

26. Rutherford, P.M., and N.G. Juma 1989. Shoot, root, soil nad microbial nitrogen dynamies in two contrarting soils cropped to barley. Biol. Fertil. Soils 8, 134-143.

27. Ando, H., R.C. Aragones, and G. Wada 1992. Mineralization Pattern of soil organic N of serveral soils in the tropics. Soil Sci. Plant Nutr. 38, 227-234.

28. Stanford, G., M.H. Frere, and D.H. Schwaninger 1973. Temperature coefficient of soil nitrogen

mineralization. Soil Sci. 115, 321-323.

29.Naganawa, T., K. Kyuma, H. Yamamoto, Y. Yamamto, Y. Yokoi, and K. Tatsuyama 1989. Measurement of soil respiration in the field Influence of temperature, moisture level, and application of sewage sludge compost and agro-chamicals. Soil Sci. Plant Nutr. 35 509-516.

30.Tabatabai, M.A., and A.A. Al-khafaji 1980. Comparison of nitrogen and sulfur mineralization in soils. Sci. Soc. Ameri. J. 44, 1000-1006.

31.Van Veen, J.A., and M.J. Frissel 1979. Mathematical modelling of nitrogen transformations in soil. In modelling nitrogen from farm wastes (J.K.R.Gasser,) Straw(1%), N975kg/ha) were added and nitrate and hbiomars.Applied Science LTD London. 133-157.

32.Shields, J.A. and E.A. Paul 1973. Decomposition of ^{14}C-labelled plant material in soil under field conditions. Can. Soil Sci. 53, 297-306.

33. Stanford, G., and E. Epstein 1974. Nitrogen Mineralization-Water relations in soils. Sci. Soc. Ameri. J. 38, 103-107.

34.Myers, R.J.K., C.A. Campbell, and K.L. Weier 1982. Quantitatine relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soils. Canada J. Soil Sci. 62, 111-124.

35.Paul, E.A. 1984. Dynamics of organic matter in soils. Plant and Soil 76, 275-285.

36. Mayaudon, J. 1971. Use of radiorespirometry in soil microbiology and biochemistry. In Soil Biochemistry Vol.2 McLaren, A.D. and Skujins J.J. (eds). Marcel Dekker. 202-256.

37. Schjonning, P., B.T. Christensen, and B. Carstensen 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal mannure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. Europ J. Soil Sci. 45, 257-268.

38.Chae, Y.M., and M.A. Tabatabai 1985. Mineralization of nitrogen in soils amended with orgainc wastes. J. Environ. Qual. 15, 193-198.

39. Jenkinson, D.S., and J.H. Rayner 1977. The turnover of soil organic matter in some of the rcethamsted elassical experiments Soil Sci. 123, 298-305.

40. Stanford, G., and S.J. Smith 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Sci. Soc. Ameri. P. 36, 465-472.

41.Gilmour, J.T., M.D. Claric, and G.C. Sigua 1985. Estimating net nitrogen mineralization from cvhon diotide evolution. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49, 1398-1402.

42.Pratt, P.F., W.W. Jones, and H.D. Chapman 1956. Changes in phosphous in an irrigated soil during 28 years of diffrential fertilization. Soil Science 82, 295-306.

43. Willett, I.R. 1994. Physical and chemical constraints to sustainable soil use under rainfed conditions in the humid tropics of southeast Asia. In Soil Science and sustainable land management in the tropics. J.K. Syeers & D.L.Rimmer (eds.) CAB Inter. 235-247.

44.Wild A. 1988 11th. Russell's soil conditions & Plant growth. Longman Scientifical Technical.

45.Vinten, A.J.A., R.S. Howard, and M.H. Rdman 1991. Measurement of nitrate leaching losses from arable plots under different nitrogen input regimes. Soil use and management 7, 3-14.

46.Unger, P.W., and B.A. Stewart 1974. Feedlot waste effectin soil conditions and water evaporation. Sci. Soc. Ameri. J. 38, 954-957.

47.Mathers A.C., and B.A., Stewart 1974. Corn Silage Yield and Soil Chemical properties as affected by cattle feedlot manure. Environ. Quality 3, 143-147.

48.Chang, C., T.G. Sommerfeldt, and T. Entz 1991. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. Environ. J. Qual. 20, 475-480.

49.Stanford, G., and S.J. Smith 1976. Estimating potentiallly mineralizable soil nitrogen from a chemical index of soil nitrogen availability. Soil Sci. 122, 71-76.

50.Serna M.D., and F. Pomares 1992. Evaluation of chemical indexes of soil organic nitrogen availability in Calcareous soils. Soil Sci. Soc. Ameri. J. 56, 1486-1491.

51.Castellanos, J.Z., and P.F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45, 354-357

52.Yagi, K. and K. Minami 1990. Effect of organic matter application on Methane Emission from some Japanese paddy fields. Soil Sci. Plant Nutr. 36, 599-610.

53.Tsutsuki, K., and F.N. Ponnamperuma 1987. Behavior of anaerobic decomposition in submerged soils: Effects of organic material amendment, soil properties, and temperature. Soil Sci. Plant Nutr. 33, 13-33.

54.Tanaka, A. 1974. Methods of handling of cereal crop residues in Asian countries and related problems. Food and Fertilizer Technology Center Ext. No. 43.

55.Norman, R.J., J.T. Gilmour, and B.R. Wells 1990. Mineralization of nitrogen from nitrogen-15 labeled crop residues and utilization by rice. Sci. Soc. Ameri. J. 54, 1351-1356.

56.Pratt, P.F., F.E. Broadbent, and J.P. Martin,1973. Using organic wastes as nitrogen fertilizers. Calif. Agric. 27(6);10-13.

57.Elliot, L.F. and F.J. Stevenson. 1977. Soils for management of organic wastes and waste waters. Soil Sci. Soc. Amer. 362.

58.Huang, Y.M. and Y.P. Wang 1994. The effects of organic fertilizer on crop production and chemical properties. Agricultural progress. 69, 31-41.

59.黃裕銘 王銀波 1993 唐菖蒲肥培管理II 尿素、過磷酸鈣、氯化鉀及堆肥對 冬作唐菖蒲養分吸收的影響 農林學報 42, 57-66.

The amounts of organic fertilizers required for remaining/ enhancing soil fertility under different cropping systems.

Associate Professor of National Chung Hsing University
Dr. Yuh-Ming Huang

ABSTRACT

Farmers historically collected and applied animal and green manures and crop residues to soil for enriching their fields. In regarding on the nutrient and organic matter in organic wastes of agriculture, industry, and municipal, how to composte them into hygienic organic fertilizers is another topic, the aim of this report is concentrated on how to manage the soil organic matter on views of soil fertility. Consequently seven subtropcs were discussed : 1. The effects of environmental factors on the mineralization and accumulation of organic matter in soil. 2. Models used in the decomposition of soil organic matter. 3. The impact of the use of organic fertilizer on environments. 4. The evaluation of the potential of mineralization of soil organnic matter. 5. The management of soil organic matter of paddy soils. 6. The residual effects of organic fertilizers. 7. The effects of the quality of organic fertilizers on crop production.

Key words : Cropping system Organic fertilizer, Soil fertility improvement